

# Perancangan dan Pembuatan Kapal Wisata dengan Motor Generator Listrik Tenaga Surya Sebagai Energi Alternatif Penggerak Propeler

**Sudiyono dan Bambang Antoko**

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jurusan Teknik Permesinan Kapal  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya  
Email: bantoko001@yahoo.co.id

## ABSTRAK

Kondisi cuaca wilayah Surabaya dan sekitarnya sangat mendukung untuk mengembangkan pemanfaatan energi matahari sebagai energi alternative, khususnya pada sektor pariwisata terutama pariwisata air yang juga didukung oleh sungai yang mengalir ditengah kota. Melihat pemasukan disektor pariwisata terutama pariwisata air yang masih sangat sedikit dibandingkan dari sector industri, maka untuk meningkatkan pemasukan tersebut dikembangkan beberapa wilayah pinggir sungai sebagai tempat wisata seperti Monumen Kapal Selam, wisata kota (Mall) JMP, pelabuhan tradisional Kali Mas, pasar bunga Kayoon dan lain – lain. Perancangan dan pembuatan kapal wisata merupakan salah satu solusi/usaha untuk lebih mendekatkan pada wisata air terutama wisata sungai. Dengan pembuatan kapal wisata tenaga surya akan semakin mengurangi polusi dan lebih mendekatkan pada suasana lingkungan yang lebih baik. Dengan melihat kondisi sungai Kali Mas, maka dilakukan pendekatan perhitungan dan sekaligus pembuatan kapal dengan batasan: kapal wisata dengan penumpang 2 orang dan 1 nahkoda dengan ukuran Loa: 3,48 m, Lpp: 2,9 m, B: 1,38 m, T: 0,27 m, v: 3 Knot, dan waktu pengisian baterai dari solar sell 3,3 jam pada kondisi baterai kosong sampai penuh

**Kata kunci:** Perancangan kapal, tenaga surya, sel surya (*solar cell*)

## ABSTRACT

*The development of solar energy as an alternative energy is highly supported by the weather at Surabaya and its surroundings. It is supported as well by development of tourism particularly in water sector with the existence of river running along downtown. As we know, the revenue of water sector tourism is much less than the one of industrial. On the river bank, had already developed places of interest such as Submarine Monument, JMP City Mall, Kalimas Tradisional Port, Kayoon Florist Center, etc. One solution to improve water tourism especially river tourism is by designing and producing a tour ship. With solar energy, that will reduce pollution level and bring better atmosphere and environment. Considering the stream of Kalimas river, design constrains implemented for tour ship are: 2 passenger and 1 captain ship with Loa: 3,48 m, Lpp: 2,9 m, B: 1,38 m, T: 0,27 m, v: 3 Knot, and battery recharging time for solar cell is 3,3 hrs starting from empty to fully charged.*

**Keywords:** ship design, solar power, solar cell.

## PENDAHULUAN

Negara–negara penghasil minyak mulai mengalihkan perhatian ke energi pengganti. Cepat atau lambat, minyak bumi akan habis terkuras. Salah satu alternative yang dilirik, lagi – lagi tenaga surya. Energi matahari kelak bisa jadi primadona baru. Dua projek ambisius bisa membuat penelitian soal energy surya melesat jauh: pesawat bertenaga surya dan instalasi surya diruang angkasa [1]. Projek pertama sudah dimulai seiring dengan berkembangnya abad. Pesawat yang diberi nama Helios (dewa matahari dalam mitologi Yunani) ini

berbentuk aneh. Sayapnya merentang 75 m nyaris tanpa suara, tanpa awak, Pesawat ini tanggal 13 Agustus 2001 menorehkan sejarah penerbangan dengan menumbangkan rekor sebelumnya atas pesawat Lockheed SR-71 setinggi 25 km.

Fakta utamanya, 14 mesin propeller pada Helios mampu menerbangkan pesawat berbobot 750 kg itu dalam waktu lama dan praktis tanpa batas plus kawasan seluas 500 km<sup>2</sup> yang bisa menjadi tempat bagi sinyal–sinyal telekomunikasi macam televisi, telepon, dan internet. Itu belum seberapa, soal harganya menurut John Del Fatre, kepala projek NASA, Sebuah satelit sekitar 1 miliar dolar AS,

sedangkan satu armada dengan lima platform tinggi hanya 10 juta dolar AS.

Dengan letak Indonesia yang berada pada daerah katulistiwa, yaitu pada lintang 60 LU – 110 LS dan 950 BT – 1410 BT, dan dengan memperhatikan peredaran matahari dalam setahun yang berada pada daerah 23,50 LU dan 23,50 LS maka wilayah Indonesia akan selalu disinari matahari selama 10 – 12 jam dalam sehari [2]. Karena letak Indonesia berada pada daerah khatulistiwa maka Indonesia memiliki tingkat radiasi matahari yang sangat tinggi. Menurut pengukuran dari pusat Meterologi dan GEOFISIKA diperkirakan besar radiasi yang jatuh pada permukaan bumi Indonesia (khususnya Indonesia bagian timur) rata-rata kurang lebih 5,1 kWh/m<sup>2</sup> hari dengan variasi bulanan sekitar 9 % [5].

Energi matahari atau energy surya adalah bentuk energy elektromagnetik, yang dipancarkan ke bumi secara terus menerus. Selain itu energy surya adalah sangat atraktif karena tidak bersifat polutan, tak dapat habis, dapat dipercaya dan gratis. Dalam pemanfaatan energy surya digunakan larik fotovoltaik yang mengkonversikan secara langsung energy surya menjadi energy listrik [4]. Pemakaian fotovoltaik dalam rekayasa sebagai sumber pembangkit energi listrik bisa dikatakan tidak menghasilkan polusi, baik polusi udara maupun polusi terhadap lingkungan sekitarnya. Berdasarkan pertimbangan ini nampaknya konversi fotovoltaik dari sinar matahari menjadi energy listrik akan menjadi sumber energy utama di masa mendatang.

Selanjutnya energy listrik yang dihasilkan dari fotovoltaik, dapat digunakan untuk berbagai penggunaan, misalnya untuk menggerakkan kapal dengan bantuan motor listrik. Untuk menjamin penyediaan yang kontinu maka baterai dipakai sebagai penyimpan energy. Penelitian yang telah dilakukan mensimulasikan secara teoritis penggunaan energy cahaya matahari melalui fotovoltaik untuk menggerakkan kapal. Kapal yang digunakan mempunyai ukuran yang memungkinkan sebagai model.

Penelitian ini memakai motor listrik yang tepat sebagai penggerak propeller kapal. Peneliti merancang pemakaian motor DC dengan memakai converter, sehingga diperoleh hasil yang efektif dan efisien. Perancangan alat tersebut murni tidak menggunakan bahan bakar dalam operasionalnya, peneliti yakin dengan system motor generator yang disupply battery akan dapat memutar baling-baling kapal sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. Arus yang dipakai menggerakkan motor tersebut akan diisi kembali dengan system pengisian dari kolektor yang disupply dengan energy surya (matahari).

## Rencana Umum (*General Arrangement*)

Rencana umum ini merupakan tahap selanjutnya setelah lines plan. Rencana umum ini mengacu pada lines plan sehingga harus benar-benar diperhatikan. Rencana umum ini di dalamnya mengatur tentang bagaimana mendesain kapal dengan baik yang sesuai aturan yang digunakan.

Rencana Umum merencanakan gambar kapal yang isinya antara lain:

- Menentukan dari ruangan-ruangan.
- Menentukan segala peralatan yang dibutuhkan yang diatur sesuai dengan letaknya.
- Menentukan jalan untuk mencapai ruangan-ruangan di dalam kapal.

Ada beberapa hal dalam Rencana umum ini antara lain:

- Kapasitas muatan yang dihitung dan disesuaikan dengan ruang muat yang ada.
- Desain ruangan yang seefisien mungkin dan sesuai aturan.
- Tenaga penggerak yang dipakai dengan metode tertentu sehingga didapat besarnya tahanan dan dapat diketahui BHP dan daya motor penggerak yang diperlukan.
- Tahanan kapal diusahakan sekecil mungkin sehingga gesekan badan kapal dengan air juga semakin kecil sehingga efisiensi kapal dapat maksimal
- Penentuan ruang muat yang mengacu pada keamanan dan kenyamanan yang sesuai dengan aturan.

## Stabilitas Kapal

Stabilitas kapal (*ship's stability*) diperlukan untuk memperoleh keselamatan dan keutuhan kapal dengan muatannya (barang dan penumpang), yaitu dengan mengusahakan agar selalu dicapai stabilitas dan keseimbangan kapal. Stabilitas dan keseimbangan ini dipengaruhi oleh susunan dan tata letak pada setiap ruangan maka susunan tersebut harus dilakukan sedemikian rupa sehingga, 1. tercapai keselamatan dan keutuhan kapal dengan muatannya, 2. dapat dilakukan pemuatan maupun pembongkaran barang-barang dengan secepat mungkin dan sistematis, 3. dicapai pemakaian maksimum atas kapasitas (daya angkut) kapal dan pemakaian maksimum atas ruangan muatan (*full down*), 4. terjamin keselamatan para awak kapal dan penumpang.

## Distribusi Vertikal, Longitudinal dan Transversal

Distribusi vertikal adalah pengaturan timbunan muatan secara vertikal (dari bawah ke atas). Cara distribusi ini mempengaruhi stabilitas kapal, yaitu

jika lebih (terlalu) berat muatan di bagian atas, maka kapal akan memiliki sedikit stabilitas (*small amount of stability*) sehingga kapal mudah oleng (miring ke kiri dan ke kanan), tapi olengnya agak lambat; sebaliknya, jika lebih (terlalu) berat muatan di bagian bawah, maka kapal akan memiliki stabilitas yang sangat besar (*excess of stability*) sehingga kapal oleng agak cepat. Stabilitas kapal adalah, sifat atau kecenderungan untuk kembali ke dalam posisi seimbang apabila kapal oleng yang disebabkan oleh gaya dari luar.

Distribusi longitudinal adalah pengaturan timbunan muatan secara longitudinal (dari muka ke belakang). Cara distribusi ini mempengaruhi *trim* kapal, yaitu jika muatan lebih (terlalu) berat pada bagian muka (haluan), maka kapal agak menungging, yaitu bagian belakang kapal (buritan) naik ke atas; sebaliknya, jika muatan lebih (terlalu) berat pada bagian belakang kapal (buritan), maka kapal agak mendongkak, yaitu bagian bagian muka (haluan) naik ke atas. Jika muatan terlalu (lebih) berat di tengah - tengah, maka tekanan muatan ini mengakibatkan bagian tengah kapal agak melengkung arah ke bawah (*sagging*); sebaliknya, jika muatan terlalu (lebih) berat pada bagian haluan dan bagian buritan, maka tekanan muatan ini mengakibatkan bagian tengah kapal agak melengkung arah ke atas (*hogging*). Trim kapal adalah perbedaan sarat (*draft*) kapal antara bagian haluan dengan bagian buritan. Sarat (*draft*) kapal adalah dalamnya bagian tubuh kapal yang terbenam di dalam air, dihitung (diukur tegak lurus) mulai dari lunas kapal (bagian terbawah kapal = *keel*) sampai ke garis permukaan air (*waterline*).

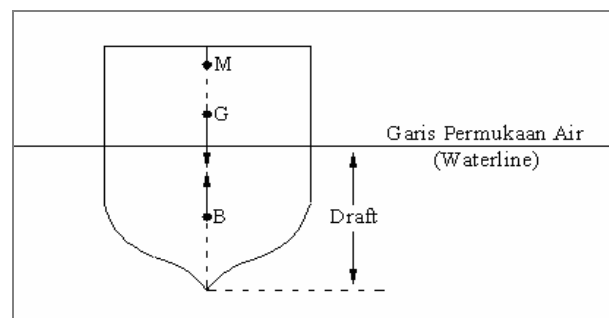
Distribusi transversal adalah pengaturan timbunan muatan secara transversal (dari samping ke samping kapal). Cara distribusi ini mempengaruhi posisi letaknya titik daya apung kapal (*buoyancy*). Jika berat muatan berada (dipusatkan) sepanjang garis tengah kapal (*centreline*), maka jika kapal oleng, olengan tersebut agak cepat dengan periode olengan yang semakin berkurang (sampai akhirnya olengan berhenti); sebaliknya, jika berat muatan berada (dipusatkan) sepanjang dinding (*hull*) kapal pada pinggir kanan dan kiri, maka jika kapal oleng, olengan tersebut agak lambat dengan periode olengan yang semakin besar (sampai akhirnya olengan berhenti). Yang terbaik ialah agar berat muatan merata dan sama beratnya pada bagian tengah kapal (*centreline*).

Daya apung (*buoyancy*) kapal adalah kekuatan tekanan bagian-bagian air (*water portions*) yang menekan tubuh kapal arah ke atas sehingga kapal mengapung. Stabilitas transversal (*transverse stability*) atau stabilitas melintang adalah mengenai olengnya kapal ke kanan dan ke kiri, olengan yang dapat mengakibatkan kapal terbalik (jika olengan itu besar), sehingga stabilitas melintang sangat

penting dari segi keamanan dan keselamatan kapal dengan muatannya. Stabilitas longitudinal (*longitudinal stability*) atau stabilitas membujur adalah mengenai stabilitas kapal yang mendongkak (bagian haluan naik) dan menungging (bagian buritan naik), sehingga stabilitas membujur menyangkut persoalan sarat (*draft*) dan keseimbangan kapal (*trim*). Sarat kapal memegang peranan penting apakah suatu kapal dapat melalui suatu ambang atau alur pelayaran (*seaway*). Stabilitas kapal dibedakan antara stabilitas awal (*initial stability*), disebut juga stabilitas metasentrik, dengan stabilitas besar. Batas antara stabilitas awal dengan stabilitas besar adalah *senget* (oleng) kapal kira-kira  $10^\circ$  dari posisi seimbang (vertikal). Dengan demikian, stabilitas awal adalah sifat atau kecenderungan kapal untuk kembali ke dalam posisi seimbang apabila kapal oleng kurang dari  $10^\circ$ .

Gravitasi, Daya Apung dan Metasenter

Stabilitas kapal dipengaruhi oleh gravitasi kapal (posisi titik berat kapal), daya apung (*buoyancy*) dan metasenter (*metacentric*), yang dapat dilukiskan sebagai berikut [7].



Gambar 1. Kapal dalam keadaan seimbang.

Keterangan:

M = metasenter (terletak vertikal di atas B).

G = titik berat (*centre of gravity*), yaitu pusat dari segala gaya berat yang bekerja vertikal arah ke bawah (pusat dari gaya berat kapal dengan muatannya).

B = titik daya apung (*centre of buoyancy*), yaitu pusat dari semua bagian - bagian air (*water portions*) yang menekan tubuh kapal yang berada di dalam air (*underwater of the hull*).

K = *Keel* (lunas kapal).

Besar daya apung atau jumlah semua tekanan bagian-bagian air sama dengan berat air yang dipindahkan atau didesak oleh bagian benda yang terbenam di dalam air disebut *displacement*. Keten-tuan ini terkenal dengan hukum *Archimedes* yang berbunyi sebagai berikut: Benda yang terbenam seluruhnya atau sebagian di dalam air mendapat tekanan ke atas oleh bagian-bagian air dengan jumlah kekuatan yang sama dengan berat air yang dipindahkan atau didesak oleh benda yang ter-

benam di dalam air. Titik pusat dari semua tekanan air (*centre of buoyancy*) diberi tanda B dengan arah ke atas (vertikal). Sedangkan titik berat (*centre of gravity*) diberi tanda G dengan arah tekanan ke bawah (vertikal). B dan G merupakan gaya yang bekerja.

Jika benda mengapung, maka kekuatan gaya B yang menekan ke atas sama dengan kekuatan gaya G yang menekan ke bawah, supaya benda mengapung, gaya G tidak boleh lebih besar dari gaya B. Jika sekiranya gaya G lebih besar dari gaya B, maka benda tersebut tenggelam ke dalam air. Titik B selalu berada pada pusat dari semua bagian - bagian air yang menekan tubuh kapal yang berada di dalam air (*underwater portions of the hull*). Faktor yang mengakibatkan perubahan posisi B ialah perubahan posisi tubuh kapal yang berada di dalam air, misalnya jika kapal oleng. Jadi, posisi B akan berubah-ubah jika kapal berlayar, perubahan mana akan besar jika kapal berlayar melalui lautan yang bergelombang besar. Titik G selalu berada pada pusat dari seluruh berat kapal dengan muatannya.

Berat tersebut meliputi berat semua bagian kapal yang berada di bawah dan yang di atas permukaan air serta semua benda yang berada di bagian atas dan di dalam kapal. Perubahan berat (penambahan berat, pengurangan berat, pergeseran letak berat) akan mengakibatkan perubahan posisi G. Titik M selalu berada vertikal di atas B dan selalu terletak pada bidang penampang longitudinal yang tegak lurus pada lunas kapal.

## METODE PENELITIAN

Untuk memenuhi tujuan penelitian sebagaimana pada uraian diatas, maka diterapkan metodologi sebagai berikut:

Tahap Pertama Pengumpulan Data.

- Studi literatur, pembuatan, perancangan system propulsi dan penulisan penelitian ini berdasarkan literature-literature, jurnal dan lain-lain.
- Survey lapangan, survey lapangan dilakukan untuk mengetahui secara langsung keadaan daerah sungai Kalimas dan sekitarnya. Survey dilakukan sepanjang aliran sungai Kalimas yang bermuara di laut, dan dilakukan pengukuran arus dan kedalaman sungai tersebut. Juga diukur ada beberapa jembatan dengan ketinggian berapa, hal ini perlu dilakukan untuk menentukan tinggi bangunan atas dan tinggi sarat kapal.

Tahap Kedua Pembuatan Kapal

- Penentuan ukuran utama kapal. Untuk menentukan ukuran kapal didasarkan pada, bahwa kapal ini sebagai kapal percobaan untuk wisata

dengan jumlah penumpang 2 orang, dengan 1 sopir/kemudi, dengan beban yang lain yaitu poros, motor, modul solar sell, tiang, baterai 4 buah 12 volt dan 23 tempat duduk ditambah system kemudi.

- Pembuatan rencana garis. Pembuatan rencana garis berdasarkan ukuran utama kapal yang telah diperoleh dan proses pembuatannya menggunakan *software* Maxsurf Profesional Ver.7.
- Pembuatan rencanan umum. Penggambaran rencana umum berdasarkan bentuk lambung yang diperoleh dari rencana garis dan disesuaikan dengan pemanfaatan ruang kapal.
- Pembuatan body kapal. Dengan bahan fiberglass dilakukan lapisan demi lapisan sehingga untuk panjang kapal rencana menggunakan 4 lapisan
- Tahap Ketiga Pemasangan Modul sel surya dan sistem propulsi. Pemasangan tiang-tiang penyangga modul sel surya. Pemasangan system propulsi yaitu *stern tube*, poros, propeller, motor dan baterai. Pemasangan system kemudi dan instalasinya. Pemasangan tempat duduk baik pengemudi maupun penumpang.
- Tahap Keempat Pengujian Kapal. Dari data ukuran utama kapal diperoleh hal-hal berikut: perhitungan tahanan kapal dengan metode Holtrop menghasilkan komponen tahanan gesek, tahanan transom, tahanan gelombang dan tahanan total. Grafik hubungan antara tahanan total dengan daya efektif. Penentuan parameter propulsi, daya listrik dari sel surya dan laju pengisian baterai (aki).
- Tahap Kelima Pembahasan Hasil. Penelitian. Jumlah jam eksploitasi kapal. Konfigurasi system sel surya (*solar cell*).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian

Pengujian kapal dilakukan pada tanggal 11 Maret 2007, jam 09.00 s/d 14.00 WIB, tempat Danau Bentuk'8' di Kampus ITS, dengan hasilnya adalah sebagai berikut:

1. Data kondisi pengujian kapal: jarak tempuh 5 meter, waktu 1,19 detik, kecepatan 4,19 Knot ( $2,16 \text{ m/s}^2$ ), jarak pemberhentian 5 meter, dan radius putar 3 meter.
2. Kondisi motor, propeller, baterai, dan fibrasi motor diukur pada menit ke-15 dengan data pada Tabel 1.
3. Getaran (fibrasi) pada kedudukan motor dari hasil pengukuran sebesar  $0,16 \text{ m/s}^2$ , masuk dalam persyaratan Kep.51/men/1999 mengenai Nilai Ambang Batas (NAB) getaran sebesar  $6 \text{ m/s}^2$  pada kondisi operasi perhari 2 – 8 jam.
4. Pemakaian baterai sebesar 70 % dengan sisa 30% sebagai faktor keamanan baterai.

### Perhitungan Tahanan Kapal dan Hasil Kapal Rancangan

Untuk melakukan perhitungan daya total dari solar sel dan system modul sel fotovoltaik yang dipakai sebagai energy pensuplai ke baterai sebagai daya penggerak kapal pada system propulsi, maka terlebih dahulu dilakukan perhitungan tahanan dan juga pada system propulsi yang berpatokan pada ukuran utama kapal.

Data ukuran utama kapal:

$L_{OA}$ = 3,48 m.	$L_{PP}$ = 2,9 m.
$L_{WL}$ = 3,016 m	$B$ = 1,38 m.
$T$ = 0,27 m	$C_b$ = 0,493.
$\nabla$ = 0,554015 m <sup>3</sup> .	$\Delta$ = 0,567864 ton.
$C_m$ = 0,96944.	$C_p$ = 0,50854.
$C_w$ = 0,47404.	$L_{cb}$ = 0,208.
$V$ = 2,3,4 knots	

Hasil perhitungan besarnya tahanan menggunakan metode Holtrop dengan menggunakan ukuran-ukuran utama diatas disajikan dalam Tabel 2 s/d 5

Tabel 1. Data Hasil Pengujian

No	Bagian	1 Jam (pada menit ke)					2 jam (pada menit ke)			
		0	15	30	45	60	15	30	45	60
1	Putaran Propeller (Rpm)	0	234.7	238.6	230.5	234.5	238.7	225.3	1.89	161.3
2	Ampere Baterai (Ah)	80	73.94	68.76	61.73	55.5	49.43	43.08	37.03	30.91
3	Kecepatan Angin (m/s)	5.64	1.92	1.54	1.2	2.07	1.25	0.85	1.27	0.93

Tabel 2. Hasil Perhitungan Tahanan Gesek

Besaran	Satuan	Hasil perhitungan pada setiap kondisi kecepatan		
V	Knot	2	3	4
S	m <sup>2</sup>	3.387	3.387	3.387
$C_f$		0.0036	0.00334	0.00317
$(1 + k_1)$		1.4275204	1.4275095	1.427344
$L_R$	m	1.43327	1.43353	1.43746
$R_w$	N	9.44	19.68	33.22

Tabel 3. Hasil Perhitungan Tahanan Gelombang

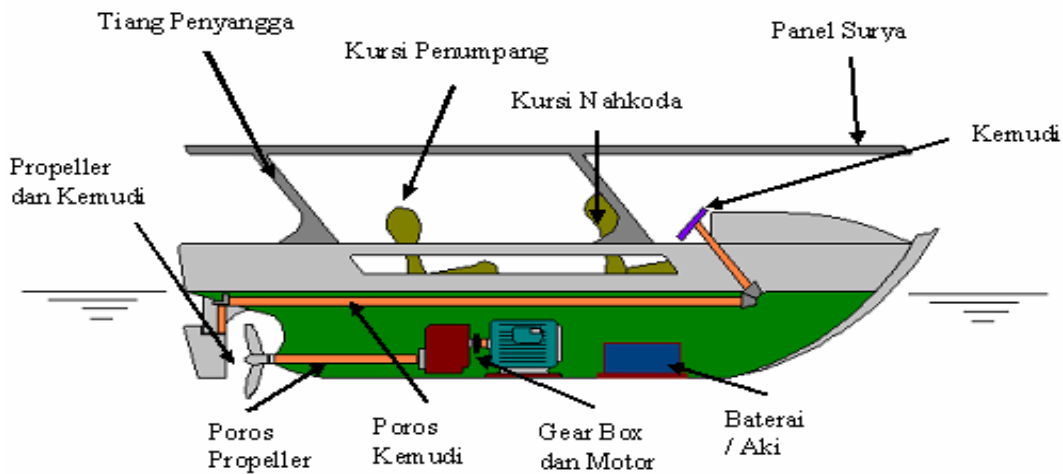
Besaran	Satuan	Hasil perhitungan pada setiap kondisi kecepatan		
V	Knot	2	3	4
$C_1$		109.75764	109.75764	109.75764
$C_4$		0.45756	0.45756	0.45756
$C_5$		1.44119	1.44119	1.44119
$m_1$		-3.95477	-3.95477	-3.95477
$m_2$		-0.000199	-0.079564	-0.29506
$I_E$		45.3568	45.3568	45.3568
$\lambda$		0.66979	0.66979	0.66979
W	Ton	5.565075	5.565075	5.565075
$R_w$	N	0.01	2.93	47.06

Tabel 4. Hasil Perhitungan Tahanan Transom

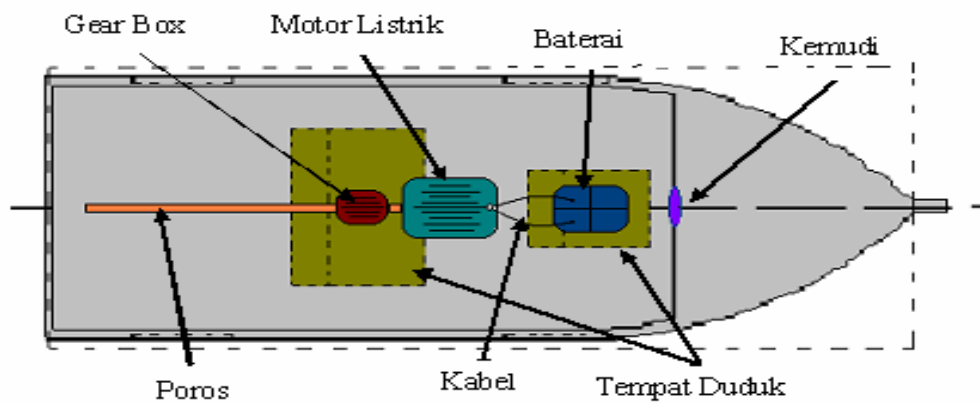
Besaran	Satuan	Hasil perhitungan pada setiap kondisi kecepatan		
V	Knot	2	3	4
$S_{app}$	m <sup>2</sup>	0.0142506	0.0142506	0.0142506
$S_{tot}$	m <sup>2</sup>	3.401	3.401	3.401
$(1 + k_1)$		1.4278241	1.4278132	1.4276484
$R_v$	N	9.48	19.77	33.66

Tabel 5. Hasil Perhitungan Tahanan Total

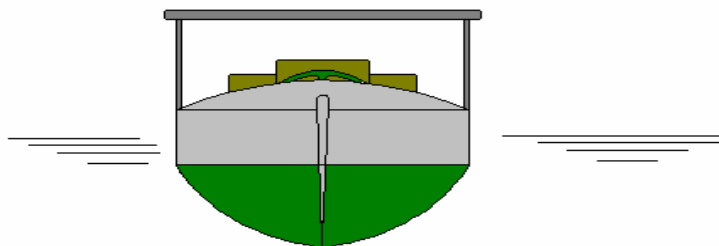
Besaran	Satuan	Hasil perhitungan pada setiap kondisi kecepatan		
V	Knot	2	3	4
V	m <sup>2</sup>	1.0288	1.5432	2.0576
T/L		0.089523	0.089523	0.089523
Ca		0.0008	0.0008	0.0008
Ra	N	1.47	1.47	1.47
R total	N	10.96	24.17	82.19
Rt dinas	N	12.06	28.62	94.95
P <sub>E</sub>	pk	0.0148909	0.0529934	0.2344536



Gambar .2. Pandangan Samping Kapal Rancangan



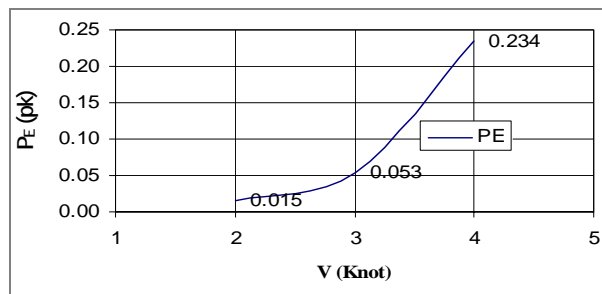
Gambar. 3. Pandangan Atas Kapal Rancangan



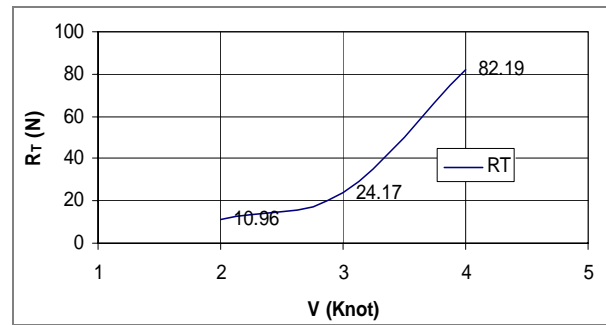
Gambar 4. Pandangan Depan Kapal Rancangan

### Penentuan Daya Dorong

Dalam menghitung besaran pada system propulsi merupakan suatu optimalisasi dari parameter propeller terhadap daya motor dan bentuk kapal, sehingga daya motor terpakai secara optimal dan menghasilkan kecepatan sesuai dengan yang diinginkan pada saat kapal tersebut dalam perencanaan. Pada penelitian ini system propulsi diperhitungkan berdasarkan daya motor listrik yang ada dengan propeller yang sesuai terutama yang tersedia dipasaran. Perhitungan-perhitungannya ditunjukkan pada Tabel 6.



Gambar 5. Hubungan antara Kecepatan Kapal (V) dengan Daya Efektif ( $P_E$ )



Gambar 6. Hubungan antara Kecepatan Kapal (V) dengan Tahanan Total Kapal ( $R_T$ )

### Suplai Daya Modul Sel Surya

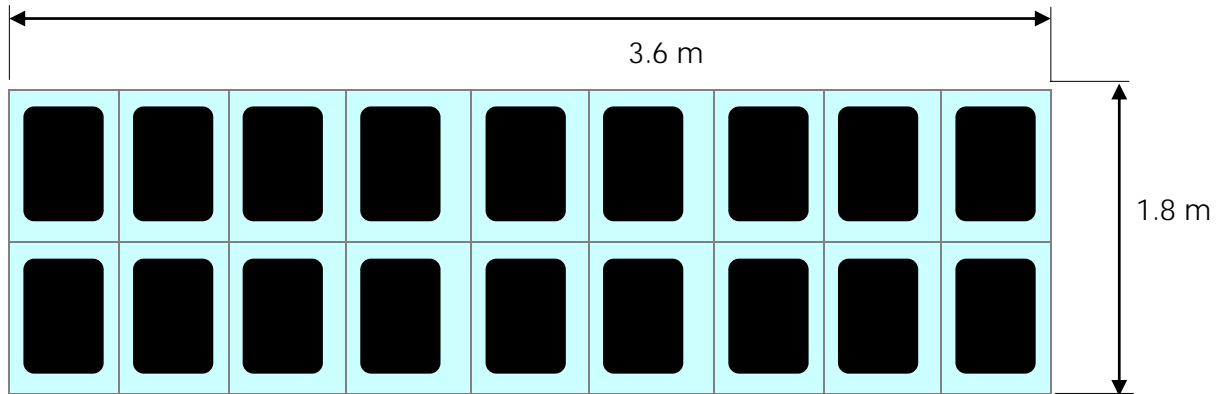
Dari hasil beberapa penelitian jenis modul solar sel dengan ukuran per modulnya 0,4 x 0,9 m didapat daya listrik yang bisa diterima dalam kondisi cuaca terang tanpa ada sedikitpun mendung yang mengganggu penyinaran panas matahari pada modul sel surya dan dilakukan pada jam 08.00 sampai 16.00 dapat ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 6. Perhitungan Daya Motor pada Kecepatan 2, 3 dan 4 knot

Besaran	Satuan	Hasil perhitungan pada setiap kondisi kecepatan		
V	Knot	2	3	4
V		1.0288	1.5432	2.0576
EHP		0.014890852	0.052993357	0.234453576
W		0.1965	0.1965	0.1695
t		0.1572	0.1572	0.1572
Va		0.827	1.42	1.653
$\eta_r$		1.04	1.04	1.04
$\eta_p$		0.6	0.6	0.6
$\eta_H$		0.843	0.843	0.843
Pc		0.526	0.526	0.526
DHP ( $P_D$ )		0.028315	0.100766	0.445808
THP ( $P_T$ )		0.017668	0.062878	0.278184
SHP ( $P_S$ )		0.028892	0.102822	0.454906
BHP <sub>SCR</sub>		0.029482	0.10492	0.46419
BHP <sub>MCR</sub> ( $P_B$ )		0.03468	0.12344	0.54611

Tabel 7. Suplai Daya Modul Sel Surya

No	Jam Pengukuran	Daya rata – rata (watt)	Jumlah Modul Sel	Daya Total (Watt)
1	08.00	26.88	18	483.84
2	08.30	28.55		513.90
3	09.00	30.38		546.84
4	09.30	32.74		589.32
5	10.00	35.86		645.48
6	10.30	37.79		680.22
7	11.00	39.54		711.72
8	11.30	39.86		717.48
9	12.00	42.34		762.12
10	12.30	43.03		774.54
11	13.00	42.54		765.72
12	13.30	42.09		757.62
13	14.00	43.48		782.64
14	14.30	41.73		751.14
15	15.00	39.30		707.40
16	15.30	36.79		662.22
17	16.00	35.05		630.90



Gambar 7. Pandangan Atas Modul Sel Surya

Tabel 8. Kemampuan Daya Listrik untuk Memutar Motor pada Setiap Kecepatan

Besaran	Satuan	Hasil perhitungan pada setiap kondisi kecepatan		
V	Knot	2	3	4
V	m/s	1.0288	1.5432	2.0576
Rt dinas	N	12.06	28.62	94.95
PE	Pk	0.01489	0.05299.	0.23445
$P_{B(MCR)}$	pk	0.03468	0.12344	0.54611
Daya Baterai	Watt	360	360	360
Daya Solar Sel	Watt	483.84	483.84	483.84
Daya Tersedia ( $D_T$ )	Watt	843.84	843.84	843.84
Daya Nominal ( $D_N$ )	Watt	25.48771	90.72096	401.358
Arus Nominal	Ampere	20.761	43.812	51.253
Daya Awal ( $D_A$ )	Watt	735.76	826.47	914.57
Arus Awal	Ampere	78.692	103.402	127.64
$D_T - D_N$	Watt	818.35229	753.11904	442.482
$D_T - D_A$	Watt	108.08	17.37	-70.73

Dari data ukuran kapal diperoleh bahwa modul sel surya digunakan disamping untuk menyerap panas dari matahari untuk mengisi baterai, juga sebagai pelindung/atap dari kapal tersebut. Sehingga keseluruhan panjang kapal dan lebar kapal digunakan untuk meletakkan modul sel surya. System peletakan modul sel surya ditunjukkan pada Gambar 7.

Jumlah keseluruhan yang dapat dipasang diatas kapal sebagai atap direncanakan sebanyak 18 buah modul dengan luas keseluruhan modul adalah 6,48 m<sup>2</sup>. Dari ukuran ini dapat ditentukan ukuran panjang modul 3,6 m dan lebar 1,8 m.

Perlu diperhatikan dalam menentukan besarnya daya yang digunakan untuk menyuplai baterai modul sel surya, yaitu waktu penyinaran matahari pada setiap jam berbeda-beda. Dari tabel yang ada diatas bahwa nilai total daya terendah pada penyinaran jam 08.00 pagi dengan total daya terendah adalah 483.84 watt, sehingga nilai terendah ini diambil sebagai patokan dalam perhitungan besarnya daya solar sel yang dihasilkan. Untuk diketahui bahwa dengan asumsi bahwa kapal wisata tenaga surya beroperasi pada siang hari dengan kondisi cuaca cerah tanpa ada mendung sedikitpun, maka daya yang dibutuhkan untuk penerangan dianggap tidak ada karena menggunakan penerangan alam.

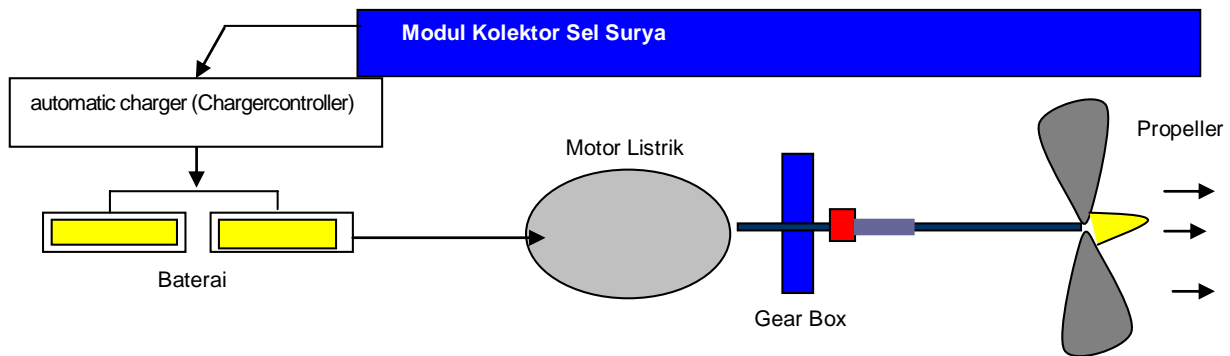
Untuk lebih mengetahui secara pasti kemampuan daya listrik memutar motor ditunjukkan pada tabel berikut, dengan kondisi total daya terendah yang diterima modul sel surya dipakai pada jam 08.00 sebesar 483,84 watt, maka perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 8.

Pada tabel diatas bahwa selisih antara daya listrik yang diperlukan dengan daya daya listrik yang tersedia pada kecepatan 2 knot dan 3 knot masih memungkinkan untuk kapal bergerak/ berjalan, tetapi pada kecepatan 4 knot selisih daya tersebut tidak memungkinkan untuk kapal bergerak/berjalan. Sehingga pada perhitungan selanjutnya bias menggunakan kecepatan kapal 2 knot atau 3 knot.

### Laju Pengisian Baterai

Besarnya laju pengisian baterai dapat ditentukan dengan menentukan terlebih dahulu jumlah baterai yang diisi. Jumlah baterai yang diisi sebanyak 2 buah sedangkan 2 buah yang lain sebagai cadangan dengan masing-masing baterai berkapasitas 12 volt 40 Ah. Untuk menentukan jumlah batyerai dipengaruhi oleh daya start yang diperlukan dari motor listrik tersebut. Untuk menentukan laju pengisian baterai (waktu yang





Gambar 8. Skema Sistem Propulsi Kapal

dibutuhkan untuk mengisi 2 (dua) baterai kosong, sampai terisi penuh) dapat dihitung sebagai berikut:  
 $T = ((12 \times 40) \times 2) / (483.84)$   
 $T = 3,3 \text{ jam}$

Jika dalam kondisi 2 baterai kapasitas kosong, untuk dapat terisi penuh dengan menggunakan tenaga solar sel maka dibutuhkan waktu kurang lebih 3,3 jam pada kondisi modul solar sel dioperasikan pada jam 08.00 pagi, semakin siang maka laju pengisian baterai akan lebih singkat, dengan kecepatan kapal sebesar 1,54 m/dt.

### Luas Jangkauan Area Kapal Wisata

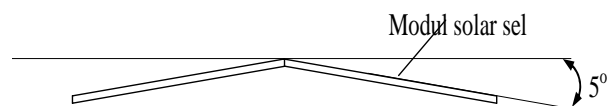
Sebagai sumber tenaga penggerak motor listrik yaitu 2 baterai, daya awal yang diperlukan motor listrik beberapa detik untuk mencapai putaran nominal. Untuk menghindari kerusakan baterai maka sisa daya yang harus ada pada baterai adalah sebesar 30% dari daya total baterai. Dari data motor listrik yang dipakai untuk konsumsi daya sebesar 42 watt jam, bias menggerakkan kapal dengan kecepatan 3 knot, maka isi baterai 70% ini akan habis dalam waktu 4 jam. Sehingga jarak tempuh dari kapal sampai isi baterai tinggal 30% sejauh 22,176 km.

Untuk daya baterai yang tersisa 30% dari daya total baterai atau 18 watt jam maka untuk mengisi baterai tersebut penuh kembali memakan waktu 1,04 jam.

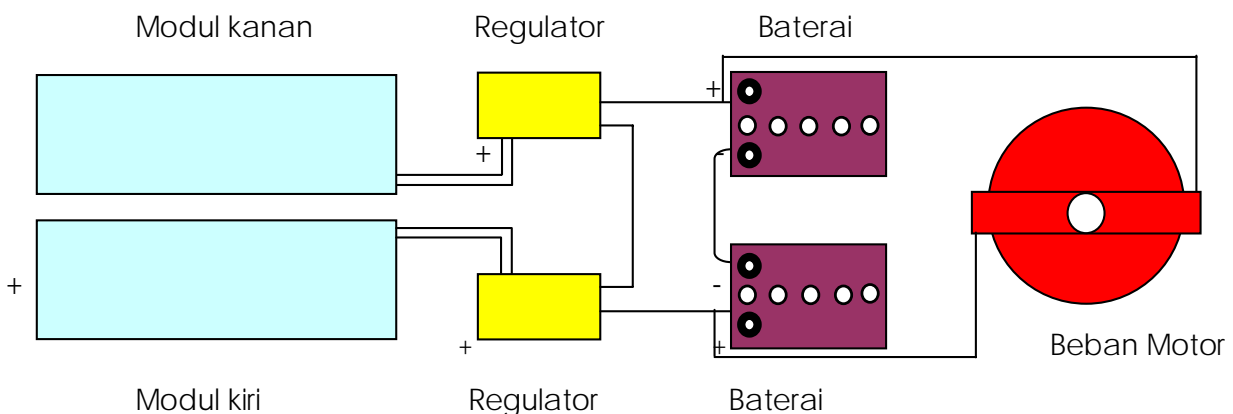
### Tata Letak Modul Sel Surya

Sebagaimana diungkapkan bahwa fungsi utama modul sel surya sebagai penerima cahaya matahari yang selanjutnya ditransfer oleh regulator untuk mengisi baterai, juga berfungsi sebagai atap untuk menahan panas matahari supaya kondisi penumpang kapal tetap nyaman untuk bersantai. Untuk itu fungsi utama sebagai kapal wisata yang nyaman dan tidak berisik oleh motor penggerak dapat terwujud.

Oleh karena itu pengaturan letak dari modul sel surya diletakkan diatas kapal dengan dengan sudut kemiringan  $5^\circ$  sehingga bila dalam kondisi hujan air dapat mengalir kesamping sisi kapal. Tata letaknya dapat dilihat pada gambar 3 dan 4.



Gambar 9. Pandangan Depan Modul Sel Surya



Gambar 10. Sistem Kerja Sel Surya Menggerakkan Beban Motor

## Sistem Kerja Sel Surya

Skema kerja dari sistem solar sel dapat digambarkan secara sederhana sehingga hubungan antara sistem dapat dilihat sebagai tergambar di bawah ini

Sistem kerja yang demikian ini masukan tegangan dari solar sel surya adalah 12 volt dengan keluaran tegangan dari baterai 24 volt. Dalam hal ini arus yang lewat ke beban tidak terlalu besar dengan pemasangan kabel sistem pengkondisian seperti ini, hal ini supaya tidak terjadi penguangan/kehilangan daya pada penghantar/kabel tersebut.

## KESIMPULAN

Kondisi cuaca pada musim panas intensitas sinar matahari yang dapat diterima modul solar sel relatif tinggi kurang lebih 5.1 kWh/hari dengan jenis modul surya merk Kyora Model LA 361K51 dengan rata – rata 37.526 Watt. Daya ini dapat digunakan untuk menggerakkan kapal fiberglass dengan ukuran pokok sebagai berikut:  $L_{OA} = 3,48$  m.  $L_{PP} = 2,9$  m.  $L_{WL} = 3,016$  m.  $B = 1,38$  m.  $T = 0,27$  m

Pada kondisi siang hari cuaca cerah tanpa ada mendung pengisian baterai dapat dilakukan selama

3,3 jam dengan kondisi baterai dari kosong sampai terisi penuh. Dari hasil test kapal diketahui bahwa kapal dapat bergerak dengan kecepatan 2,16 Knot, yang dihitung berdasarkan pada jarak tempuh sepanjang 5 meter yang dicapai dalam waktu 1,19 dt.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Brian Y., *Teknologi Sel Surya untuk Energi Masa Depan*. Artikel Iptek, 2006.
2. Bakoren, *Kebijakan Umum Bidang Energi*. Edisi kedua, Jakarta 1 September 1991.
3. Eko C, Ivan, *Rencana Pengembangan Kota Surabaya*, Planologi-ITS, Surabaya, 2004.
4. Iwan, Arie, *Penelitian Tentang Sel Surya*, 2000.
5. Sarwono, *Analisa Kualitas Sel Surya Sebagai Pembangkit Tenaga Listrik Skala Laboratorium*. ITS Surabaya, 1990.
6. Winarni D., *Studi tentang perencanaan pada Kalimas dan hubungannya dengan perilaku masyarakat disekelilingnya*. ITS- Surabaya, 1997.
7. Captain D. R. Derrett, *Ship Stability for Masters and Mates*, Fifth edition, Butterworth Heinema, 2001.